

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: Akira UEDA et al.

Serial Number: Not Yet Assigned

Filed: March 23, 2004

For: MESH DIVIDING DEVICE, COMPUTER-READABLE RECORDING MEDIUM IN WHICH MESH DIVIDING PROGRAM IS RECODED, AND METHOD FOR SETTING MAXIMUM NUMBER OF CUBOIDS AND PARAMETERS FOR MESH-DIVISION

Attorney Docket No.: 042258  
Customer No.: 38834

**CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119**

Commissioner for Patents  
P. O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

March 23, 2004

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application is hereby requested for the above-identified application, and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

**Japanese Appln. No. 2003-355303, filed on October 15, 2003**

In support of this claim, the requisite certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the applicants have complied with the requirements of 35 U.S.C. 119 and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of said certified copy/copies.

In the event that any fees are due in connection with this paper, please charge our Deposit Account No. 50-2866.

Respectfully submitted,  
WESTERMAN, HATTORI, DANIELS & ADRIAN, LLP

  
Scott M. Daniels  
Reg. No. 32,562

1250 Connecticut Avenue, N.W., Suite 700  
Washington, D.C. 20036  
Tel: (202) 822-1100  
Fax: (202) 822-1111  
SMD/ll

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年10月15日  
Date of Application:

出願番号 特願2003-355303  
Application Number:

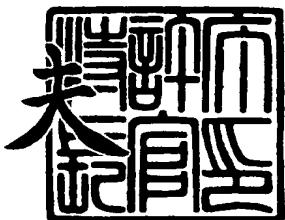
[ST. 10/C] : [JP 2003-355303]

出願人 富士通株式会社  
Applicant(s):

2004年 1月29日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康



●

【書類名】 特許願  
【整理番号】 0352270  
【提出日】 平成15年10月15日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G06T 17/20  
【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社  
内  
【氏名】 植田 晃  
【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社  
内  
【氏名】 浦木 靖司  
【特許出願人】  
【識別番号】 000005223  
【氏名又は名称】 富士通株式会社  
【代理人】  
【識別番号】 100092978  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 真田 有  
【電話番号】 0422-21-4222  
【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 007696  
【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
【物件名】 特許請求の範囲 1  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 9704824

## 【書類名】特許請求の範囲

## 【請求項 1】

三次元C A Dデータとして与えられる解析対象モデルを数値解析用のキューボイドに分割するメッシュ分割処理を行なうメッシュ分割装置であって、

前記キューボイドの分割数の上限値を規定する最大キューボイド数と前記キューボイドを生成するための分割制御用パラメータとを含むパラメータキットを、複数種類、予め保存するライブラリと、

該ライブラリに保存されている該複数種類のパラメータキットのうちの少なくとも一つを選択するための選択手段と、

該選択手段によって選択されたパラメータキット（以下、選択パラメータキットという）および該三次元C A Dデータに基づいて、前記解析対象モデルを、該選択パラメータキットに含まれる最大キューボイド数以下の数のキューボイドに分割するようにメッシュ分割処理を行なうメッシュ分割手段とをそなえて構成されていることを特徴とする、メッシュ分割装置。

## 【請求項 2】

該ライブラリに保存されている該複数種類のパラメータキットの内容を含む各種情報を表示しうる表示手段をさらにそなえ、

該表示手段が、前記選択パラメータキットの内容を表示することを特徴とする、請求項1記載のメッシュ分割装置。

## 【請求項 3】

操作者が該表示手段による表示を参照しながら前記解析対象モデルの構成部品の中から基準部品を指定するための基準部品指定手段をさらにそなえ、

該メッシュ分割手段が、該基準部品指定手段によって指定された前記基準部品、および、当該基準部品よりも小さい部品を前記メッシュ分割処理の対象外として取り扱うことを特徴とする、請求項2記載のメッシュ分割装置。

## 【請求項 4】

該メッシュ分割手段が前記選択パラメータキットに基づいて前記対象解析モデルのメッシュ分割処理を行なうのに要する変換時間を見積もる変換時間見積もり手段をさらにそなえ、

該表示手段が、該変換時間見積もり手段によって見積もられた前記変換時間を表示することを特徴とする、請求項2または請求項3に記載のメッシュ分割装置。

## 【請求項 5】

三次元C A Dデータとして与えられる解析対象モデルを数値解析用のキューボイドに分割するメッシュ分割処理を行なうメッシュ分割装置としてコンピュータを機能させるメッシュ分割プログラムであって、

前記キューボイドの分割数の上限値を規定する最大キューボイド数と前記キューボイドを生成するための分割制御用パラメータとを含むパラメータキットを、複数種類、予め保存するライブラリを含むとともに、

該ライブラリに保存されている該複数種類のパラメータキットのうちの少なくとも一つを選択するための選択手段、および、

該選択手段によって選択されたパラメータキットおよび該三次元C A Dデータに基づいて、前記解析対象モデルを、該パラメータキットに含まれる最大キューボイド数以下の数のキューボイドに分割するようにメッシュ分割処理を行なうメッシュ分割手段として、該コンピュータを機能させることを特徴とする、メッシュ分割プログラム。

【書類名】明細書

【発明の名称】メッシュ分割装置およびメッシュ分割プログラム

【技術分野】

【0001】

本発明は、三次元C A D (Computer Aided Design) データとして与えられる解析対象モデルを数値解析用のキューボイド (6面体形状；実際には直方体形状) に分割するメッシュ分割処理を行なうための装置およびプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、コンピュータを利用して構造解析、機構解析、伝熱解析、流体解析、熱流体解析、電磁場解析、磁場解析等の数値解析を行なう際、数値解析対象物をメッシュ分割して直方体形状のキューボイド (数値解析用基本要素；一般にメッシュ要素、グリッド要素と呼ばれるもの) を生成し、キューボイド毎にその特性を代表した特性値を求め、数値解析対象物を基本要素の集合で近似することにより、効率的に数値解析が行なわれる (下記特許文献1～4参照)。

【0003】

近年、コンピュータ周辺機器としての電子装置の小型化、軽量化に伴い、これら電子装置 [例えばM O (Magneto Optical disk) ドライブ、プリンタ、ノート型パーソナルコンピュータ、サーバ、携帯電話等] が発生する熱の挙動を適切に制御する構造の設計が求められるため、その電子装置内の複雑な構造における熱の挙動を精度よく解析することが要求されている。そこで、その解析をコンピュータで行なうためのツールとして熱流体解析ソフトウェアが開発されており、そのソフトウェアでの数値解析に際しては、上述したキューボイドに分割されたデータが用いられる。

【0004】

一方、近年、C A Dシステム (例えばPro/E, I-DEAS, Parasolid, AutoCAD, VPS等) によって得られた三次元C A Dデータ (幾何形状データ、三次元立体モデルデータ) を、各種ソフトウェアによる数値解析で用いられるキューボイドデータに変換する、自動変換ソフトウェアも開発されている。

この自動変換ソフトウェアでは、キューボイドの分割数の上限値を規定する最大キューボイド数として、通常、初期ファイルに予め設定されているデフォルト値が用いられる。そして、3軸方向 (X, Y, Z方向) のメッシュ分割数を別途指定し、実際のキューボイド数が上記最大キューボイド数 (デフォルト値) を超えないように解析対象モデルの分割が行なわれる。

【0005】

ここで、最大キューボイド数が小さい場合には、解析対象モデルを分割して得られるキューボイドの数が少なくなるので、解析処理速度は速くなるが解析精度の低下を招くことになる。逆に、最大キューボイド数が大きい場合には、解析対象モデルを分割して得られるキューボイドの数が多くなるので、解析精度はよくなるが解析処理速度が遅くなってしまう。解析処理速度や解析精度は解析対象モデルの構造の複雑さの影響も大きく受けるので、ユーザが所望の解析処理速度や解析精度を得るために、固定的に設定されたデフォルト値ではなく、解析対象モデルの構造の複雑さに応じた最適な最大キューボイド数を用いることが望ましい。

【0006】

しかし、現状では、ユーザが何もしなければ、最大キューボイド数としては、デフォルト値が使用されてしまう。従って、所望の解析処理速度や解析精度を得るために、従来は、ユーザが、システムを起動する際に最大キューボイド数の定義・設定を修正・変更する必要がある。その際、ユーザは、解析対象モデルに応じた最大キューボイド数を適当に指定するか、もしくは、1回もしくは数回、最大キューボイド数を変更して実際にメッシュ分割処理を行ない、その結果に基づいて最適な最大キューボイド数を決定することになる。

【特許文献1】特開平10-255077号公報

【特許文献2】特許第2657301号公報

【特許文献3】特許第3132336号公報

【特許文献4】特開平09-138812号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上述のように、従来、最大キューボイド数の設定・変更を行なう際、最大キューボイド数は、ユーザの判断によって指定されるか、トライ・アンド・エラー手法によって決定されるので、前者の場合（ユーザ指定の場合）、最大キューボイド数の信頼性（最大キューボイド数が解析対象モデルに応じた最適なものであるかどうか）に問題があるほか、後者の場合（トライ・アンド・エラーの場合）、最大キューボイド数を決定するのに多大な時間を使し、ひいてはメッシュ分割処理に多大な時間を要することになる。

【0008】

また、従来のシステムでは、解析対象モデルのメッシュ分割処理に要する変換時間を見積もるための機能がそなえられておらず、その処理時間は全く不明であり、ユーザは、その変換時間を一切知ることができない。特に解析対象モデルが大規模な装置である場合、変換時間が長くなる可能性が高く、メッシュ分割処理にどれくらいの時間を要するのか、つまりは待ち時間がどれくらいになるかを把握できるようにすることが望まれている。

【0009】

本発明は、このような課題に鑑み創案されたもので、解析対象モデルに応じた最適な最大キューボイド数等のパラメータを容易かつ確実に選択・決定できるようにして、最大キューボイド数等のパラメータの決定時間を短縮し、ひいてはメッシュ分割処理に要する時間を短縮することを目的とする。また、本発明は、メッシュ分割処理に要する変換時間、つまりはユーザの待ち時間を把握できるようにして、ユーザの利便性の向上をはかることを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成するために、本発明のメッシュ分割装置（請求項1）は、三次元C A Dデータとして与えられる解析対象モデルを数値解析用のキューボイドに分割するメッシュ分割処理を行なうものであって、前記キューボイドの分割数の上限値を規定する最大キューボイド数と前記キューボイドを生成するための分割制御用パラメータとを含むパラメータキットを、複数種類、予め保存するライブラリと、該ライブラリに保存されている該複数種類のパラメータキットのうちの少なくとも一つを選択するための選択手段と、該選択手段によって選択されたパラメータキット（以下、選択パラメータキットという）および該三次元C A Dデータに基づいて、前記解析対象モデルを、該選択パラメータキットに含まれる最大キューボイド数以下の数のキューボイドに分割するようにメッシュ分割処理を行なうメッシュ分割手段とをそなえて構成されていることを特徴としている。

【0011】

このようなメッシュ分割装置において、該ライブラリに保存されている該複数種類のパラメータキットの内容を含む各種情報を表示しうる表示手段をさらにそなえ、該表示手段が、前記選択パラメータキットの内容を表示するように構成してもよい（請求項2）。

また、操作者が該表示手段による表示を参照しながら前記解析対象モデルの構成部品の中から基準部品を指定するための基準部品指定手段をさらにそなえ、該メッシュ分割手段が、該基準部品指定手段によって指定された前記基準部品、および、当該基準部品よりも小さい部品を前記メッシュ分割処理の対象外として取り扱うように構成してもよい（請求項3）。

【0012】

さらに、該メッシュ分割手段が前記選択パラメータキットに基づいて前記対象解析モデルのメッシュ分割処理を行なうのに要する変換時間を見積もる変換時間見積もり手段をさ

らにそなえ、該表示手段が、該変換時間見積もり手段によって見積もられた前記変換時間表示するように構成してもよい（請求項4）。

また、本発明のメッシュ分割プログラム（請求項5）は、三次元CADデータとして与えられる解析対象モデルを数値解析用のキューボイドに分割するメッシュ分割処理を行なうメッシュ分割装置としてコンピュータを機能させるものであって、前記キューボイドの分割数の上限値を規定する最大キューボイド数と前記キューボイドを生成するための分割制御用パラメータとを含むパラメータキットを、複数種類、予め保存するライブラリを含むとともに、該ライブラリに保存されている該複数種類のパラメータキットのうちの少なくとも一つを選択するための選択手段、および、該選択手段によって選択されたパラメータキットおよび該三次元CADデータに基づいて、前記解析対象モデルを、該パラメータキットに含まれる最大キューボイド数以下の数のキューボイドに分割するようにメッシュ分割処理を行なうメッシュ分割手段として、該コンピュータを機能させることを特徴としている。

#### 【発明の効果】

##### 【0013】

上述した本発明のメッシュ分割装置およびメッシュ分割プログラムによれば、ライブラリに予め保存された複数種類のパラメータキットの中から所望の一つ（もしくは複数）を選択することができるので、解析対象モデルに応じた最適な最大キューボイド数を容易かつ確実に選択・決定することが可能になる。従って、最大キューボイド数のパラメータの決定時間を大幅に短縮し、ひいてはメッシュ分割処理に要する時間を大幅に短縮することができるとともに、解析対象モデルに応じたメッシュ分割を行なうことができる（請求項1, 5）。

##### 【0014】

その際、ライブラリに保存されている複数種類のパラメータキットの内容を含む各種情報を表示手段で表示することで、ユーザは、選択パラメータキットの内容を確認しながら最適な最大キューボイド数を確実に選択することが可能になる（請求項2）。

また、基準部品指定手段により解析対象モデルの構成部品の中から基準部品を指定し、その基準部品およびこの基準部品よりも小さい部品をメッシュ分割処理の対象外として取り扱うように構成することで、解析対象モデルの形状を簡略化することができ、ユーザの要望に応じたメッシュ分割処理の簡略化つまりは処理時間の短縮を実現することが可能になる（請求項3）。

##### 【0015】

さらに、変換時間見積もり手段によって見積もられたメッシュ分割処理に要する変換時間を表示手段で表示するように構成することで、ユーザは、その変換時間、つまりは待ち時間を直ちに把握することができ、ユーザの利便性を大幅に向上することができる（請求項4）。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

##### 【0016】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

###### 〔1〕本実施形態のメッシュ分割装置の構成

図1は本発明の一実施形態としてのメッシュ分割装置の機能構成を示すブロック図で、この図1に示すように、本実施形態のメッシュ分割装置1は、外部から三次元CADデータとして与えられる解析対象モデルを数値解析用のキューボイドに分割するメッシュ分割処理を行なうもので、例えばパソコンコンピュータによって構成される。より具体的には、メッシュ分割装置1は、少なくとも、CPU10, ライブラリ20, ディスプレイ30および入力部40をそなえて構成されている。

##### 【0017】

ライブラリ20は、例えば、後述するメッシュ分割プログラムから読み出され、メッシュ分割装置1（パソコンコンピュータ）を構成するRAM（Random Access Memory）, ROM（Read Only Memory）もしくは各種記憶装置（各種記録媒体）に保存されて用いら

れるものである。

このライブラリ20には、図2、図3および図21を参照しながら後述するごとく、キューボイドの分割数の上限値を規定する最大キューボイド数とキューボイドを生成するための分割制御用パラメータとを含むパラメータキットが、複数種類、予め保存されている。分割制御用パラメータとしては、3軸方向(X, Y, Z方向)それぞれについてのメッシュ分割数と、3軸方向(X, Y, Z方向)それぞれについてのトレランス値と、均等体積変換率と、不均等体積変換率とが含まれている。なお、最大キューボイド数については図4(A)～図4(C)を参照しながら後述し、メッシュ分割数については図5を参照しながら後述し、トレランス値については図6(A)および図6(B)を参照しながら、均等体積変換率については図7(A)および図7(B)を参照しながら後述し、不均等体積変換率については図8(A)および図8(B)を参照しながら後述する。

#### 【0018】

このライブラリ20に予め保存される複数種類のパラメータキットの各々は、本実施形態のメッシュ分割装置1による分割処理対象となり得る、各種形態や各種特性を有する装置（各種解析対象モデル）に対応した代表的なパラメータ（上記の最大キューボイド数および分割制御用パラメータ）をセットにして作成されている。そして、ライブラリ20において、複数種類のパラメータキットの各々は、図17を参照しながら後述する選択テーブルにより、予め、各種解析対象モデルにおいて想定されうる形状特徴情報および物性特徴情報のレベルに対応付けられて分類・保存されている。ここで、形状特徴情報は、解析対象モデルの規模と、その解析対象モデル内における構成部品の実装形態（より具体的には例えば体積分布）に関する情報を含むものである。また、物性特徴情報は、例えば、解析対象モデルにおける熱伝導性分布に関する情報を含むものである。

#### 【0019】

ディスプレイ（表示手段）30は、例えばLCD（Liquid Crystal Display）、CRT（Cathode Ray Tube）によって構成され、後述する表示制御手段11により表示状態を制御されて各種情報を表示するものである。特に、本実施形態のディスプレイ30では、メッシュ分割装置1としての機能を実現すべく、

- (11)三次元CADデータの内容や、
- (12)ライブラリ20に保存されている上記複数種類のパラメータキットの内容や、
- (13)後述する選択手段12によって選択された選択パラメータキットの内容（例えば図3参照）や、
- (14)パラメータキット選択画面（例えば図16参照）や、
- (15)後述する変換時間見積もり手段18によって見積もられた変換時間を含む処理概要（例えば図19参照）

が表示される。

#### 【0020】

入力部40は、具体的にはマウス、キーボード等であり、ディスプレイ30上に表示された各種情報を参照したユーザ（操作者）が、この入力部40を操作することにより、メッシュ分割装置1の外部からユーザの各種指示を入力するためのものである。本実施形態の入力部40からの各種指示としては、図1に示すように、例えば、

- (21)パラメータキットの一つを指定してライブラリ20から読み出すための指示（図3の「Read」ボタンをクリックして指示）や、
- (22)ディスプレイ30上で表示されている選択パラメータキットの内容を変更するための指示（図3の画面上で指示）や、
- (23)その変更結果（変更されたパラメータキットの内容）をライブラリ20に保存させるための指示（図3の「Save」ボタンをクリックして指示）や、
- (24)後述する選択手段12による自動選択処理の実行指示（図3の「Refer」ボタンをクリックして指示）や、
- (25)解析対象モデルの構成部品の中の一つを基準部品として指定するための指示（図3の「基準部品」ボタンをクリックして指示）や、

(26)選択パラメータキットによる変換時間の見積もりの実行指示（図3の「処理概要」ボタンをクリックして指示）  
が行なわれる。

#### 【0021】

そして、CPU10は、入力部40からの指示に応じて、三次元CADデータから解析モデル（解析データ；三次元CADデータで与えられる解析対象モデルをキューボイドに分割したデータ）を生成して出力する解析データ生成機能を果たすもので、より具体的には、後述するメッシュ分割プログラムを実行することにより、表示制御手段11、選択手段12、メッシュ分割手段13、パラメータキット指定手段14、変更手段15、保存制御手段16、基準部品指定手段17および変換時間見積もり手段18としての機能を果たすものである。

#### 【0022】

ここで、表示制御手段11は、ディスプレイ30での表示状態を制御して、ディスプレイ30に上述した項目(11)～(15)の内容もしくは画面を表示させるものである。

選択手段12は、ライブラリ20に保存されている複数種類のパラメータキットのうちの少なくとも一つを選択してメッシュ分割手段13に指示するためのもので、

(31)後述するパラメータキット指定手段14からの指定情報に応じたパラメータキットを選択してメッシュ分割手段13に指示する機能（前記指示(21)に応じて実行される機能）や、

(32)後述する変更手段15によって変更されたパラメータキットを選択してメッシュ分割手段13に指示する機能（前記指示(22)に応じて実行される機能）や、

(33)三次元CADデータに基づいて選択パラメータキットを自動的に選択してメッシュ分割手段13に指示する機能（前記指示(24)に応じて実行される機能）を果たすものである。

#### 【0023】

なお、選択手段12は、前記機能(33)の実行時には、図10～図17を参照しながら後述するごとく、三次元CADデータに基づいて解析対象モデルもしくはその解析対象モデルの構成部品の形状特徴情報（本実施形態では解析対象モデルの規模とその解析対象モデル内における体積分布）および物性特徴情報（本実施形態では解析対象モデルにおける熱伝導性分布）を算出し、算出された形状特徴情報および物性特徴情報に応じたパラメータキットを、図16を参照しながら後述するパラメータキット選択画面や、図17を参照しながら後述する選択テーブルを用いて、ライブラリ20から選択パラメータとして選択するようになっている。

#### 【0024】

メッシュ分割手段13は、選択手段12によって選択されたパラメータキット（選択パラメータキット）および三次元CADデータに基づいて、解析対象モデルを、その選択パラメータキットに含まれる最大キューボイド数以下の数のキューボイドに分割するようにメッシュ分割処理を行なうものである。

パラメータキット指定手段14は、ユーザがディスプレイ30による表示を参照しながら入力部40を操作して入力した前記指示(21)に応じて、ライブラリ20に保存されている複数種類のパラメータキットのうちの少なくとも一つを指定すべく、その指定情報を選択手段12へ通知するものである。

#### 【0025】

変更手段15は、ユーザがディスプレイ30による表示を参照しながら入力部40を操作して入力した前記指示(22)に応じて、パラメータキット指定手段14によって指定されたパラメータキットの内容を変更するものである。

保存制御手段16は、ユーザが入力部40を操作して入力した前記指示(23)に応じて、変更手段15によって変更されたパラメータキットの内容をライブラリ20に反映・保存させるものである。このとき、変更後の内容をライブラリ20における対応パラメータキットに上書きしてもよいし、変更後のパラメータキットを新たなパラメータキットとして

ライブラリ20に追加保存してもよい。

【0026】

基準部品指定手段17は、ユーザがディスプレイ30による表示を参照しながら入力部40を操作して入力した前記指示(25)に応じて、解析対象モデルの構成部品の中から基準部品を指定し、その基準部品に関する情報をメッシュ分割手段13に通知するものである。ここで、解析対象モデルの構成部品に関する情報は、三次元CADデータから抽出される。そして、メッシュ分割手段13は、基準部品指定手段17から通知された基準部品、および、当該基準部品よりも小さい構成部品をメッシュ分割処理の対象外として取り扱うように構成されている。このとき、メッシュ分割手段13は、3軸方向最大外形寸法のうちの少なくとも一つが前記基準部品の対応する3軸方向最大外形寸法以下である部品を前記対象外として取り扱うものとする。なお、基準部品については、図18(A)～図18(C)を参照しながら後述する。

【0027】

変換時間見積もり手段18は、ユーザが入力部40を操作して入力した前記指示(26)に応じて起動されるもので、メッシュ分割手段13が選択手段12によって選択された選択パラメータキットに基づいて対象解析モデルのメッシュ分割処理を行なうのに要する変換時間を見積るもので、その選択パラメータキットに基づく対象解析モデルの簡易的メッシュ分割処理に要する時間を計測し、計測された時間と所定係数とを乗算した値として、前記変換時間を見積もるようになっている。そして、その見積もり結果(変換時間)は、上記項目(15)の処理概要(例えば図19参照)としてディスプレイ30上で表示される。なお、変換時間見積もり手段18の具体的な動作については、図19～図22を参照しながら後述する。

【0028】

〔2〕本実施形態のメッシュ分割装置の動作

次に、図2～図22を参照しながら、上述のごとく構成された本実施形態のメッシュ分割装置1の動作について説明する。

〔2-1〕本実施形態のメッシュ分割装置の適用システム

図2は本実施形態のメッシュ分割装置1を適用されるシステムの処理の流れを説明するための図である。この図2に示すように、CADシステム(例えばPro/E, I-DEAS, Parasolid, AutoCAD, VPS等)によって得られた三次元CADデータ(幾何形状データ、三次元立体モデルデータ)は、解析データ生成機能を果たすCPU10に入力され、このCPU10により、入力部40からの指示に応じて、三次元CADデータから解析モデルが生成される。そして、生成された解析モデルを用いて各種解析ツール(例えば熱流体解析ソフトウェア)による解析処理が実行される。

【0029】

CPU10で解析データ生成(メッシュ分割)を行なう際には、ユーザによって指定選択(さらに変更)されたパラメータキット、もしくは、三次元CADデータに基づいて自動選択されたパラメータキットが用いられ、そのパラメータキットに含まれる最大キューボイド数を超えないように、そのパラメータキットに含まれる分割制御用パラメータ(メッシュ分割数、トレランス値、均等体積変換率、不均等体積変換率)に応じたメッシュ分割が実行される。

【0030】

本実施形態のメッシュ分割装置1では、ライブラリ20に複数種類のパラメータキットが予め保存されており、ユーザ(操作者)は、ディスプレイ30の表示を参照しながら入力部40を操作することにより、複数種類のパラメータキットの中から適当なものを指定選択したり、選択したパラメータキットの内容を変更したりすることができるほか、パラメータキットの自動選択を指示することもできる。なお、図2に記載された「基準部品」および「処理概要」に係る機能については後述する。

【0031】

〔2-2〕パラメータキット内容の表示画面

図3は、ディスプレイ30上での、本実施形態におけるパラメータキットの内容表示例を示す図である。

ディスプレイ30上の表示画面（キューボイド制御パネル）では、図3に示すように、指定選択もしくは自動選択されたパラメータキットの内容（最大キューボイド数、メッシュ分割数、トレランス値、均等体積変換率、不均等体積変換率）が表示されるとともに、ユーザが入力部40を用いて上記項目(21), (23)～(26)の指示を行なうための「Read」ボタン、「Save」ボタン、「Refer」ボタン、「基準部品」ボタンおよび「処理概要」ボタンも表示されている。

### 【0032】

さらに、均等体積変換率や不均等体積変換率については、スライダバーおよび三角ボタンが表示されており、ユーザは、スライダバーの移動もしくは三角ボタンのクリックを入力部40によって行なうことで、均等体積変換率や不均等体積変換率の変更を行なうことができる。また、ユーザは、入力部40を操作して各パラメータの数値表示欄に所望数値を直接入力することにより、最大キューボイド数、メッシュ分割数、トレランス値、均等体積変換率および不均等体積変換率を所望数値に変更することができる。このような変更機能は、上述した通り、上記項目(22)の指示に応じた変更手段15によって実現される。そして、その変更内容は、ユーザが「Save」ボタンをクリックすることにより、ライブライ20に保存される。

### 【0033】

なお、図3に示す表示画面（パラメータキット）では、最大キューボイド数として「200,000」が、3軸方向のメッシュ分割数（X, Y, Z方向分割数）としてそれぞれ「10」, 「10」, 「10」が、3軸方向のトレランス値（X, Y, Z方向トレランス（mm））としてそれぞれ「0.5」, 「0.5」, 「0.5」が、均等体積変換率として「0.5」が、不均等体積変換率として「0.7」が設定されている。

### 【0034】

ここで、本実施形態のパラメータキットに含まれる、最大キューボイド数、メッシュ分割数、トレランス値、均等体積変換率および不均等体積変換率について、それぞれ図4～図8を参照しながら説明する。

#### 〔2-2-1〕最大キューボイド数

図4（A）～図4（C）は、いずれも最大キューボイド数について説明するためのもので、図4（A）は三次元CADデータとして与えられる解析対象モデルの一例を示す図、図4（B）は図4（A）に示す解析対象モデルを最大キューボイド数30で分割した状態を示す図、図4（C）は図4（A）に示す解析対象モデルを最大キューボイド数150で分割した状態を示す図である。なお、図4（A）に示す解析対象モデルは、例えば、M0ドライバの一部を成す部品である。

### 【0035】

最大キューボイド数は、解析対象モデルを、どの程度、簡略に分割するか、もしくは、どの程度、詳細に分割するかを指示するためのパラメータとなるものである。

例えば図4（A）に示す構成部品について最大キューボイド数を30に設定した場合、その構成部品は、CPU10のメッシュ分割手段13としての機能によって、図4（B）に示すとく30個以下のキューボイドに簡略的に分割される。また、同じ構成部品について最大キューボイド数を150に設定した場合、その構成部品は、図4（C）に示すとく、150個以下のキューボイドに詳細に分割される。

### 【0036】

前述した通り、最大キューボイド数が小さい場合、解析対象モデルを分割して得られるキューボイドの数が少なくなるので、解析処理速度は速くなるが解析精度の低下を招くことになる一方、最大キューボイド数が大きい場合、解析対象モデルを分割して得られるキューボイドの数が多くなるので、解析精度は高くなるが解析処理速度が遅くなる。本実施形態では、ユーザは、所望の解析精度かつ解析処理速度が得られるように、複数種類のパラメータキットの中から適当な最大キューボイド数を含むものを選択するか、図3に示す

ような表示画面上でユーザ所望の値に最大キューボイド数を変更する。

### 【0037】

#### 〔2-2-2〕 メッシュ分割数

図5は3軸方向のメッシュ分割数（X, Y, Z方向分割数）について説明するための図である。

パラメータキットにおいては、分割制御用パラメータとして、図5に示すように、3軸の各方向についてメッシュ分割数が設定される。なお、図5では、X方向およびY方向の2方向についての分割数を示している。この図5に示す例では、太実線で示される解析対象モデル（構成部品）に対し、X方向のメッシュ分割数として「9」が設定されるとともに、Y方向のメッシュ分割数として「12」が設定されている。ここでは、X方向およびY方向の分割数についてのみ説明しているが、Z方向の分割数についても同様に設定される。

### 【0038】

上述した3軸方向のメッシュ分割数も、最大キューボイド数と同様、解析対象モデルを、どの程度、簡略に分割するか、もしくは、どの程度、詳細に分割するかを指示するためのパラメータとなるものである。

そして、メッシュ分割手段13は、設定された3軸方向のメッシュ分割数に従い、上記最大キューボイド数を超えないように、解析対象モデルのメッシュ分割処理を行なうことになる。

### 【0039】

#### 〔2-2-3〕 トレランス値

図6（A）および図6（B）は3軸方向のトレランス（X, Y, Z方向トレランス）について説明するための図である。なお、図6（A）および図6（B）においては、太実線枠が、解析対象モデル（構成部品）の形状を示している。

パラメータキットにおいては、分割制御用パラメータとして、図3に示したように3軸の各方向についてトレランス値（単位は例ええばmm；図3に示す例では0.5mm）が設定される。

### 【0040】

メッシュ分割処理を行なう際、例えば図6（A）に示すように、3軸方向のそれぞれについて隣り合うキューボイドどうしの頂点間隔（近接分割間隔；キューボイドC1もしくはC2とキューボイドC3との頂点間隔）を求め、その間隔が、各方向について設定されたトレランス値以内か否かを判定する。その間隔がトレランス値よりも大きい場合には、特別な処理は行なわないが、トレランス値以内である場合には、図6（B）に示すごとく、頂点間隔がトレランス値以下のキューボイドC3を、隣接する大きい方のキューボイドC2にマージし、新たなキューボイドC2'を生成する。このとき、キューボイドC2と同一サイズのキューボイドC1も、マージ後のキューボイドC2'と同一サイズのキューボイドC1'に変更される。つまり、メッシュが、トレランス値以下のキューボイドC3を吸収するように変更され、そのメッシュによってキューボイドが生成される。

### 【0041】

これにより、トレランス値以下の頂点間隔を有する小さいキューボイドはマージされることになる。

なお、図6（A）および図6（B）では、一方向のトレランスについてのみ説明しているが、3方向のいずれについても上述と同様にトレランスが設定され、そのトレランスに応じたマージ処理がメッシュ分割手段13によって行なわれる。

### 【0042】

#### 〔2-2-4〕 均等体積変換率

図7（A）および図7（B）は均等体積変換率について説明するための図である。

パラメータキットにおいては、分割制御用パラメータとして、図3に示したように均等体積変換率（図3に示す例では0.5）が設定される。なお、図7（A）および図7（B）においては、太実線枠が、解析対象モデル（構成部品）の形状を示している。

## 【0043】

メッシュ分割処理を行なう際、例えば図7（A）に示すように、均等にメッシュ分割を行なって生成された各キューボイドの体積と、均等メッシュ分割によるキューボイド単位（メッシュ分割単位）の体積との比が求められ、その比が、パラメータとして設定された均等体積変換率以下か否かを判定する。その比が均等体積変換率以下の場合には、そのキューボイドを削除する一方、その比が均等体積変換率を超えている場合には、そのキューボイドをキューボイド単位に拡大する。つまり、均等メッシュ分割によって得られたキューボイドが、キューボイド単位に占める割合に応じて、キューボイドの削除／拡大が行なわれる。

## 【0044】

例えば図7（A）に示すキューボイドC11, C12, C13は、いずれもキューボイド単位（点線で示すメッシュによって区画される体積単位）よりも小さいが、キューボイドC11の体積率は均等体積変換率（例えば0.5）以下であり、キューボイドC12, C13の体積率は均等体積変換率（例えば0.5）を超えている。この場合、図7（B）に示すように、キューボイドC11は削除され、キューボイドC12, C13は、それぞれキューボイド単位に拡大され、新たなキューボイドC12', C13'に変更されることになる。

## 【0045】

## 〔2-2-5〕不均等体積変換率

図8（A）および図8（B）は不均等体積変換率について説明するための図である。なお、図8（A）および図8（B）においては、太実線枠が、解析対象モデル（構成部品）の形状を示している。

メッシュ分割処理を行なう際、例えば図8（A）に示すように、不均等にメッシュ分割を行なって得られた各分割部分の体積と、各分割部分の属するメッシュ分割単位の体積との比が求められ、その比が、パラメータとして設定された不均等体積変換率以下か否かを判定する。その比が不均等体積変換率以下の場合には、その分割部分を削除する一方、その比が均等体積変換率を超えている場合には、その分割部分を、その分割部分の属するメッシュ分割単位に拡大する。つまり、不均等メッシュ分割によって得られた分割部分が、メッシュ分割単位に占める割合に応じて、分割部分の削除／拡大が行なわれる。

## 【0046】

例えば図8（A）に示す分割部分C21, C22, C23, C24は、いずれも、各分割部分の属するメッシュ分割単位（点線で示すメッシュによって区画される体積単位）よりも小さいが、分割部分C22, C23の体積率は不均等体積変換率（例えば0.7）以下であり、分割部分C21, C24の体積率は不均等体積変換率（例えば0.7）を超えている。この場合、図8（B）に示すように、分割部分C22, C23は削除され、分割部分C21, C24は、それぞれメッシュ分割単位に拡大され、キューボイドC21', C24'に変更されることになる。

## 【0047】

## 〔2-3〕パラメータキットの指定読出／変更／保存／自動選択機能

次に、図9～図17を参照しながら、本実施形態のメッシュ分割装置1による、パラメータキットの指定読出（Read）／変更／保存（Save）／自動選択（Refer）機能について説明する。

図9は本実施形態のパラメータキットについて説明するための図であり、この図9に示すように、ライブラリ20には、解析対象モデルとなり得る装置毎に、もしくは、各種形態や各種特性に応じて、複数種類のパラメータキット（XX装置用制御パラメータ等）が格納されており、解析データ生成機能を果たすCPU10では、ユーザによる入力部40の操作（「Read」ボタン操作）に応じ、パラメータキット指定手段14により指定されたパラメータキットが、選択手段12により選択され、そのパラメータキットに基づくメッシュ分割がメッシュ分割手段13により実行される。

## 【0048】

このように指定されたパラメータキットの内容（各種パラメータ値）は、図3に示したようにディスプレイ30の表示画面（キューボイド制御パネル）上で表示され、ユーザに

よる入力部40の操作に応じ、変更手段15により所望の値に変更することができる。そして、その変更内容は「Save」ボタン操作によりライブラリ20に保存することができる、その保存内容は、次回のシステム起動の初期値として用いることも可能である。なお、ディスプレイ30の表示画面（キューボイド制御パネル）では、ユーザが入力部40を操作することにより、新たなパラメータキットを入力・作成することもでき、このように新規に作成されたパラメータキットを「Save」ボタン操作によりライブラリ20に保存することもできる。

#### 【0049】

また、ユーザは、ディスプレイ30の表示画面（キューボイド制御パネル）上の「Referr」ボタンをクリックすることにより、選択手段12によるパラメータキットの自動選択処理（推奨値選択処理）の実行を指示することができる。この自動選択処理（推奨値選択処理）について、図10～図17を参照しながら説明する。

図10は本実施形態のパラメータキット選択処理手順を説明するためのフローチャート（ステップS1～S3）である。この図10に示すように、自動選択処理実行指示を受けた場合、選択手段12では、三次元CADデータの読み込み時に、解析対象モデルである装置（構成部品）の寸法、材料（金属／樹脂）、ファイル名（筐体、カバー、デバイス、PCB）を抽出し（ステップS1）、抽出された内容に基づいてパラメータキット選択計算処理を実行し（ステップS2）、推奨値、即ち、その装置に最も適したパラメータキットを複数種類のパラメータキットの中から自動的に選択して割り当てる（ステップS3）。このようなパラメータキットの割当は、装置全体に対して行なってもよいし、トップアセンブリやサブアセンブリに対して行なってもよいし、構成部品毎に行なってもよい。

#### 【0050】

ここで、図11（A）～図11（C）は三次元CADデータの一例を示すもので、図11（A）はその三次元CADデータの構成ツリーを示す図、図11（B）はその三次元CADデータによって与えられる解析対象モデルの装置を示す斜視図、図11（C）は図11（B）に示す装置の分解斜視図である。ディスプレイ30上では、外部から入力された三次元CADデータを、図11（A）～図11（C）にそれぞれ示すような状態で表示することができる。

#### 【0051】

そして、図10のステップS1では、図11（A）に示すような構成ツリーを有する三次元CADデータから、解析対象モデルである装置（構成部品）の寸法、材料（金属／樹脂）、ファイル名（筐体、カバー、デバイス、PCB）が抽出され、例えば図12や図13にそれぞれ示すようなテーブルA、Bが作成される。図12は本実施形態において三次元CADデータから得られる寸法テーブルAの一例を示す図、図13は本実施形態において三次元CADデータから得られる物性値テーブルBの一例を示す図である。

#### 【0052】

図12に示す寸法テーブルAは、解析対象モデルである装置および構成部品の寸法に関する情報を保持するもので、その装置の部品数（ここでは45点）と、各構成部品のX、Y、Z方向についての最大外形寸法（ここでは45点の部品についての寸法）と、装置のX、Y、Z方向についての最大外形寸法とを保持している。

図13に示す物性値テーブルBは、解析対象モデルである装置を成す各構成部品の物性値に関する情報を保持するもので、各部品の名称、材料および物性値1、2、3を保持している。なお、物性値としては、例えば熱伝導率、比熱、密度などが保持される。

#### 【0053】

ついで、上述のごとく作成された寸法テーブルAおよび物性値テーブルBを用いて選択手段12により実行される、図10のステップS2でのパラメータキット選択計算処理の手順を、図14に示すフローチャート（ステップS11～S15）に従って説明する。ここでは、解析対象モデルにおける熱流体（定常）の挙動を解析すべく、解析対象モデルのメッシュ分割が行なわれているものとする。

#### 【0054】

まず、装置寸法や各構成部品の寸法を寸法テーブルAから抽出し（ステップS11）、抽出された寸法に基づいて、装置全体の体積や、各構成部品の体積や、各構成部品の全体に占める割合などを計算し、図15（A）に示すような体積分布を求める（ステップS12）。図15（A）に示すごとく得られた体積分布から、装置全体の体積（即ち装置規模）や、装置の密度（即ち実装形態）を判断することが可能になる。

#### 【0055】

この後、各構成部品の熱伝導率を物性値テーブルBから抽出し（ステップS13）、抽出された熱伝導率に基づいて、図15（B）に示すような熱伝導性分布を求める（ステップS14）。図15（B）に示すごとく得られた熱伝導性分布から、装置全体の熱伝導性を判断することが可能になる。

そして、ステップS12で得られた体積分布に基づいて装置規模および実装形態を判断するとともに、ステップS15で得られた熱伝導性分布から熱伝導性を判断する（ステップS15）。

#### 【0056】

このとき、装置規模は、例えば5段階（大型サーバ、小・中型装置、パソコン、磁気ディスク、携帯電話）で判断され、実装形態は、例えば3段階（高密度、中密度、低密度）で判断される。その判断は、選択手段12により、図15（A）に示すように求められた体積分布に基づいて、ソフトウェアを用いて自動的に行なってもよいし、ディスプレイ30上に表示された体積分布を参照したユーザが行なってもよい。ユーザが行なう場合、その判断結果は、ユーザが入力部40を操作することにより、図16を参照しながら後述するパラメータキット選択画面上から入力されることになる。なお、装置規模の判断は、体積分布ではなく、三次元CADデータに含まれる装置情報に基づいて行なうことも可能である。

#### 【0057】

同様に、熱伝導性は、例えば3段階（高伝導性、中伝導性、低伝導性）で判断される。その判断は、選択手段12により、図15（B）に示すように求められた熱伝導性分布に基づいて、ソフトウェアを用いて自動的に行なってもよいし、ディスプレイ30上に表示された熱伝導性分布を参照したユーザが行なってもよい。ユーザが行なう場合、その判断結果は、ユーザが入力部40を操作することにより、図16を参照しながら後述するパラメータキット選択画面上から入力されることになる。

#### 【0058】

ユーザが判断結果を入力する場合、ディスプレイ30上には、例えば図16に示すようなパラメータキット選択画面が表示され、ユーザは、この選択画面を参照しながら入力部40を操作し、判断結果に対応するチェックボックスをチェックすることにより、判断結果を入力する。この選択画面では、装置規模について大型サーバ、小・中型装置、パソコン、磁気ディスク、携帯電話の5段階のチェックボックスが表示され、実装形態について高密度、中密度、低密度の3段階のチェックボックスが表示され、熱伝導性について高伝導性、中伝導性、低伝導性の段階のチェックボックスが表示されている。そして、図16に示す選択画面では、装置規模として「小・中型装置」がチェックされ、実装形態として「高密度」がチェックされ、熱伝導性について「高伝導性」がチェックされている。

#### 【0059】

選択手段12による自動判断結果を行なった場合も、図16に示すような選択画面をディスプレイ30上で表示し、自動判断結果をユーザに通知する。

ユーザは、選択画面上に表示された判断結果（チェック結果）を参照し、この判断結果に応じたパラメータキットを選択する場合には、選択画面上の「選択」ボタンをクリックする。これに応じて、図10および図14のステップS3による選択処理が実行される。

#### 【0060】

なお、図16に示す選択画面は、「編集」ボタンをクリックすることにより、隨時、編集することができるで、随时、新たな判断基準に応じたチェックボックス等を登録・追加することができる。

図17は本実施形態のライブラリ20に保存されるパラメータキット選択テーブルの一例を示す図である。本実施形態のライブラリ20では、図17に示すようなパラメータキット選択テーブルにより、複数種類のパラメータキットの各々が、予め、各種解析対象モデルにおいて想定されうる装置規模、実装密度および熱伝導性のレベルに対応付けられて分類・保存されている。例えば図17に示すテーブルにおいて、パラメータキット1は、大型サーバ、低密度、高伝導性の解析対象モデルに対応するものとして登録され、パラメータキット2は、小・中型装置、高密度、高伝導性の解析対象モデルに対応するものとして登録され、パラメータキット3やパラメータキット4も、同様に、各レベルに対応付けられて登録されている。

#### 【0061】

そして、図10および図14のステップS3による選択処理では、自動判断結果、もしくは、図16に示す選択画面から入力された判断結果（ユーザによるチェック結果）と、図17に示すパラメータキット選択テーブルとを照合し、その判断結果と合致するパラメータキットが自動的に選択されてライブラリ20から読み出され、メッシュ分割手段13に通知される。例えば図16に示すごとく判断結果が、「小・中型装置」、「高密度」、「高伝導性」である場合には、図17に示すテーブルにおいて、「小・中型装置」、「高密度」、「高伝導性」にチェックされているパラメータキット2が自動的に選択されることになる。

#### 【0062】

##### 【2-4】基準部品の指定機能

図18（A）～図18（C）は本実施形態における基準部品の指定機能について説明するためのもので、図18（A）は基準部品の一例を示す図、図18（B）は図18（A）に示す基準部品の最大外形を示す図、図18（C）は図18（A）に示す基準部品について得られた最大外形寸法を示す図である。

#### 【0063】

ユーザが、図3に示す表示画面上で「基準部品」ボタンをクリックすると、例えば、図11（A）に示すような構成ツリー、あるいは、図11（C）に示すような各構成部品の画面がディスプレイ30上に表示される。そして、ユーザが、画面上に表示された構成部品の中の一つをクリックすると、基準部品指定手段17により、クリックされた構成部品が基準部品として指定され、メッシュ分割手段13へ通知されることになる。

#### 【0064】

このような操作によって、例えば図18（A）に示す構成部品が基準部品として指定された場合、メッシュ分割手段13では、その基準部品の最大外形が図18（B）に示すように求められ、その最大外形から、図18（C）に示すように、3軸方向の最大外形寸法（X最大値、Y最大値、Z最大値）が抽出される。

このようにして抽出された3軸方向の最大外形寸法（X最大値、Y最大値、Z最大値）は、メッシュ分割手段13が簡略化処理の判定を行なう際の基準として用いられる。つまり、メッシュ分割手段13は、3軸方向の最大外形寸法のうちの少なくとも一つが基準部品の対応する3軸方向の最大外形寸法以下である構成部品を、メッシュ分割処理の対象外として取り扱うことにより、メッシュ分割処理の簡略化を行なっている。

#### 【0065】

##### 【2-5】処理概要の表示機能（変換時間見積もり機能）

ユーザが、図3に示す表示画面上で「処理概要」ボタンをクリックすると、変換時間見積もり手段18が起動され、図3に示す表示画面上で表示されていたパラメータキットの内容（指定内容）を用いた場合の変換時間（キューボイド生成に関わる処理時間の目安）が概略的に見積られる。そして、見積られた変換時間が、ディスプレイ30上で、例えば図19に示すような処理概要画面として表示される。

#### 【0066】

図19は、ディスプレイ30上での、本実施形態における処理概要の表示例を示す図であり、この図19に示す表示例では、見積られた変換時間のほかに、最大キューボイド数

(x x x) と、3軸方向のメッシュ分割数 (X方向分割：XX, Y方向分割：YY, Z方向分割：ZZ) と、総分割数 (ここでは、単に上記メッシュ分割数XX, YY, ZZを掛け合わせて得られる、空間部分も含めた分割部分の総数) とが表示される。

#### 【0067】

次に、図20～図22を参照しながら、本実施形態の処理概要の表示処理手順および変換時間見積もり手段18による変換時間計算処理手順について説明する。ここで、図20は本実施形態の処理概要の表示処理手順を説明するためのフローチャート (ステップS21～S24) 、図21は本実施形態で選択されたパラメータキットおよび基準部品に関する情報を含むパラメータテーブルの一例を示す図、図22は本実施形態の変換時間計算処理手順を説明するためのフローチャート (ステップS31～S34) である。

#### 【0068】

図3に示す表示画面上で「処理概要」ボタンをクリックした時点で、図3に示す表示画面上で表示されていたパラメータキットの内容や、基準部品の抽出内容に基づいて、図21に示すようなパラメータテーブルCが作成される。そして、このパラメータテーブルCから、最大キューボイド数、メッシュ分割数、トレランス値、均等体積変換率、不均等体積変化率、基準部品の寸法が抽出されるとともに、前述した寸法テーブルAから、部品数、最大部品寸法、装置 (ユニット) の寸法などが抽出され (ステップS21) 、抽出した各種情報に基づいて、変換時間見積もり手段18によって変換時間が計算される (ステップS22) 。このステップS22での変換時間計算処理は、図22を参照しながら後述する。

#### 【0069】

変換時間 (概算値) が算出されると、その変換時間を含む、図19に示すような処理概要画面がディスプレイ30上に表示される (ステップS23) 。この処理概要画面を参照したユーザは、変換時間が妥当なものであるか否かを判断し (ステップS24) 、妥当ではないと判断した場合 (ステップS24のNOルート) 、ステップS21に戻り、パラメータの設定変更を行ない、ステップS24で妥当であるとユーザが判断するまで、同様の処理を繰り返し実行する。変換時間が妥当であると判断した場合 (ステップS24のYESルート) 、ステップS21で抽出 (もしくは設定変更) されたパラメータを用いて解析データ生成処理 (メッシュ分割処理) が実行される。

#### 【0070】

さて、図20のステップS22では、図22に示すフローチャートに従って変換時間の概算値が算出される。つまり、まず、テーブルC、Aから抽出されたメッシュ分割数および装置寸法 (もしくはステップS21で変更された値) に基づいて、初期キューボイド生成処理を行なう (ステップS31, S32) 。その際、装置寸法の空間をメッシュ分割数で分割してキューボイドを生成する。

#### 【0071】

そして、その初期キューボイドに対し、テーブルCから抽出されたトレランス値、体積変化率、基準部品寸法に従って補正処理 (分割部分の削除・拡大等の処理) を行なう (ステップS33, S34) 。実際のメッシュ分割処理では、ステップS31～S34に示すような処理を繰り返し行なって、解析対象モデルを最大キューボイド数以下のキューボイドに分割することになるが、本実施形態では、変換時間見積もり手段18において、ステップS31～S34の処理 (簡易的メッシュ分割処理) を1回だけ行ない、その処理に要した時間を計測し、計測された時間と予め定められている所定係数とを乗算した値として変換時間が見積もられる。このように見積られた変換時間が、処理概要画面で表示される (図20および図22のステップS23) 。

#### 【0072】

なお、上述した変換時間の見積もりは、装置全体について行なうことも可能であるし、構成部品毎あるいはアセンブリ単位で行なうことも可能である。また、変換時間の見積もり時に計測時間に乗算される所定係数は、上述した装置規模、実装形態等に応じて種々用意しておき、見積もり対象の装置、構成部品、アセンブリに応じた所定係数を選択するよ

うにしてもよい。

【0073】

〔3〕本実施形態のメッシュ分割装置の効果

このように、本発明の一実施形態としてのメッシュ分割装置1によれば、ユーザは、ディスプレイ30を参照しながら入力部40を操作して、対話形式で最大キューボイド数や各種分割制御用パラメータ（3軸方向のメッシュ分割数、3軸方向のトレランス値、均等体積変換率、不均等体積変換率）の入力・指定を極めて容易かつ確実に行なうことが可能になる。

【0074】

また、ユーザは、入力部40を操作することにより、パラメータキット指定手段14や選択手段12によって、ライブラリ20に予め保存された複数種類のパラメータキットの中から所望の一つ（もしくは複数）を選択して指定できるので、解析対象モデルに応じた最適な最大キューボイド数を容易かつ確実に選択・決定することが可能になる。従って、最大キューボイド数のパラメータの決定時間が大幅に短縮され、ひいてはメッシュ分割処理に要する時間を大幅に短縮することができるとともに、解析対象モデルに応じたメッシュ分割を行なうことができる。

【0075】

その際、ライブラリ20に保存されている複数種類のパラメータキットの内容を含む各種情報をディスプレイ30で表示することで、ユーザは、選択パラメータキットの内容を確認しながら最適な最大キューボイド数を確実に選択することができる。また、ユーザは、入力部40を操作することにより、変更手段15によってディスプレイ30上に表示したパラメータキットの内容を所望の値に変更し、さらに、保存制御手段16によって、その変更後の内容をライブラリ20に保存することも可能であり、ユーザの利便性を大幅に向上することができる。

【0076】

また、ユーザは入力部40を操作することで基準部品指定手段17により解析対象モデルの構成部品の中から基準部品を指定し、メッシュ分割手段13において、その基準部品およびこの基準部品よりも小さい部品をメッシュ分割処理の対象外として取り扱うことができる。これにより、解析対象モデルの形状が簡略化され、ユーザの要望に応じたメッシュ分割処理の簡略化つまりは処理時間の短縮を実現することができる。

【0077】

さらに、選択手段12により、三次元CADデータに基づいて、ライブラリ20における複数種類の選択パラメータキットの中から適当なものを自動的に選択するよう構成することで、ユーザの判断を仰ぐことなく、解析対象モデル（装置）に特化したパラメータキット（最適な制御データ）を自動的に読み込んで設定することができ、ユーザの利便性をさらに向上することができる。

【0078】

また、本実施形態のメッシュ分割装置1では、変換時間見積もり手段18によってメッシュ分割処理に要する変換時間が見積られ、その変換時間がディスプレイ30上の処理概要画面で表示されるので、ユーザは、その変換時間、つまりは待ち時間を直ちに把握することができ、ユーザの利便性を大幅に向上することができる。

〔4〕その他

なお、本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。

【0079】

例えば、上述した実施形態では、解析対象モデルがMOドライブであり、その解析対象モデルの熱流体解析を行なう場合について説明したが、本発明は、これらに限定されるものではなく、解析対象モデルが、各種電子装置、例えばプリンタ、ノート型パソコン、サーバ、携帯電話等である場合や、その解析対象モデルについて各種解析、例えば構造解析、機構解析、伝熱解析、流体解析、電磁場解析、磁場解析等の数値解析を

行なう場合にも、上述と同様に適用され、上述した実施形態と同様の作用効果を得ることができる。

#### 【0080】

また、上述した表示制御手段11、選択手段12、メッシュ分割手段13、パラメータキット指定手段14、変更手段15、保存制御手段16、基準部品指定手段17および変換時間見積もり手段18としての機能（各手段の全部もしくは一部の機能）は、コンピュータ（CPU、情報処理装置、各種端末を含む）が所定のアプリケーションプログラム（メッシュ分割プログラム）を実行することによって実現される。このメッシュ分割プログラムには、上述したライブラリ20が含まれており、メッシュ分割開始当初は、メッシュ分割プログラムからライブラリ20を読み出しRAM、ROM等に格納して用いる。そして、メッシュ分割の実行に伴い、そのライブラリ20におけるパラメータキットは、上述したユーザの操作によってカスタマイズされることになる。

#### 【0081】

そのプログラムは、例えばフレキシブルディスク、CD-ROM、CD-R、CD-RW、DVD等のコンピュータ読取可能な記録媒体に記録された形態で提供される。この場合、コンピュータはその記録媒体からメッシュ分割プログラムを読み取って内部記憶装置または外部記憶装置に転送し格納して用いる。また、そのプログラムを、例えば磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク等の記憶装置（記録媒体）に記録しておき、その記憶装置から通信回線を介してコンピュータに提供するようにしてもよい。

#### 【0082】

ここで、コンピュータとは、ハードウエアとOS（オペレーティングシステム）とを含む概念であり、OSの制御の下で動作するハードウエアを意味している。また、OSが必要でアプリケーションプログラム単独でハードウェアを動作させるような場合には、そのハードウェア自体がコンピュータに相当する。ハードウエアは、少なくとも、CPU等のマイクロプロセッサと、記録媒体に記録されたコンピュータプログラムを読み取るための手段とをそなえている。上記メッシュ分割プログラムとしてのアプリケーションプログラムは、上述のようなコンピュータに、表示制御手段11、選択手段12、メッシュ分割手段13、パラメータキット指定手段14、変更手段15、保存制御手段16、基準部品指定手段17および変換時間見積もり手段18としての機能を実現させるプログラムコードを含んでいる。また、その機能の一部は、アプリケーションプログラムではなくOSによって実現されてもよい。

#### 【0083】

さらに、上記記録媒体としては、上述したフレキシブルディスク、CD-ROM、CD-R、CD-RW、DVD、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスクのほか、ICカード、ROMカートリッジ、磁気テープ、パンチカード、コンピュータの内部記憶装置（RAMやROMなどのメモリ），外部記憶装置等や、バーコードなどの符号が印刷された印刷物等の、コンピュータ読取可能な種々の媒体を利用することもできる。

#### 【0084】

##### 〔5〕付記

（付記1）三次元CADデータとして与えられる解析対象モデルを数値解析用のキューボイドに分割するメッシュ分割処理を行なうメッシュ分割装置であって、

前記キューボイドの分割数の上限値を規定する最大キューボイド数と前記キューボイドを生成するための分割制御用パラメータとを含むパラメータキットを、複数種類、予め保存するライブラリと、

該ライブラリに保存されている該複数種類のパラメータキットのうちの少なくとも一つを選択するための選択手段と、

該選択手段によって選択されたパラメータキット（以下、選択パラメータキットという）および該三次元CADデータに基づいて、前記解析対象モデルを、該選択パラメータキットに含まれる最大キューボイド数以下の数のキューボイドに分割するようにメッシュ分割処理を行なうメッシュ分割手段とをそなえて構成されていることを特徴とする、メッシ

ュ分割装置。

【0085】

(付記2) 該ライブラリに保存されている該複数種類のパラメータキットの内容を含む各種情報を表示しうる表示手段をさらにそなえ、

該表示手段が、前記選択パラメータキットの内容を表示することを特徴とする、付記1記載のメッシュ分割装置。

(付記3) 操作者が該表示手段による表示を参照しながら該ライブラリに保存されている該複数種類のパラメータキットのうちの一つを指定するためのパラメータキット指定手段をさらにそなえ、

該選択手段が、該パラメータキット指定手段によって指定されたパラメータキットを前記選択パラメータキットとして選択することを特徴とする、付記2記載のメッシュ分割装置。

【0086】

(付記4) 前記操作者が該表示手段による表示を参照しながら該パラメータキット指定手段によって指定したパラメータキットの内容を変更するための変更手段をさらにそなえ、

該選択手段が、該変更手段によって変更されたパラメータキットを前記選択パラメータキットとして選択することを特徴とする、付記3記載のメッシュ分割装置。

【0087】

(付記5) 前記操作者による外部からの指示に応じて、該変更手段によって変更されたパラメータキットの内容を該ライブラリに保存させる保存制御手段をさらにそなえて構成されていることを特徴とする、付記4記載のメッシュ分割装置。

(付記6) 操作者が該表示手段による表示を参照しながら前記解析対象モデルの構成部品の中から基準部品を指定するための基準部品指定手段をさらにそなえ、

該メッシュ分割手段が、該基準部品指定手段によって指定された前記基準部品、および、当該基準部品よりも小さい部品を前記メッシュ分割処理の対象外として取り扱うことを特徴とする、付記2～付記5のいずれか一項に記載のメッシュ分割装置。

【0088】

(付記7) 該メッシュ分割手段が、3軸方向最大外形寸法のうちの少なくとも一つが前記基準部品の対応する3軸方向最大外形寸法以下である部品を前記対象外として取り扱うことを特徴とする、付記6記載のメッシュ分割装置。

(付記8) 該選択手段が、前記三次元C A Dデータに基づいて、前記選択パラメータキットを自動的に選択することを特徴とする、付記2～付記7のいずれか一項に記載のメッシュ分割装置。

【0089】

(付記9) 該選択手段が、前記三次元C A Dデータに基づいて前記解析対象モデルもしくは当該解析対象モデルの構成部品の形状特徴情報および物性特徴情報を算出し、算出された形状特徴情報および物性特徴情報に応じたパラメータキットを前記選択パラメータとして選択することを特徴とする、付記8記載のメッシュ分割装置。

(付記10) 該ライブラリが、該複数種類のパラメータキットの各々を、予め、前記解析対象モデルにおいて想定される形状特徴情報および物性特徴情報のレベルに対応付けて分類・保存しており、

該選択手段が、算出された形状特徴情報および物性特徴情報の属するレベルに対応するパラメータキットを前記選択パラメータとして選択することを特徴とする、付記9記載のメッシュ分割装置。

【0090】

(付記11) 前記形状特徴情報が、前記解析対象モデルの規模および前記解析対象モデル内における構成部品の実装形態に関する情報を含んでいることを特徴とする、付記9または付記10に記載のメッシュ分割装置。

(付記12) 前記実装形態が、前記解析対象モデル内における体積分布に関する情

報であることを特徴とする、付記11記載のメッシュ分割装置。

【0091】

(付記13) 前記物性特徴情報が、前記解析対象モデルにおける熱伝導性分布に関する情報であることを特徴とする、付記9～付記12のいずれか一項に記載のメッシュ分割装置。

(付記14) 該メッシュ分割手段が前記選択パラメータキットに基づいて前記対象解析モデルのメッシュ分割処理を行なうのに要する変換時間を見積もる変換時間見積もり手段をさらにそなえ、

該表示手段が、該変換時間見積もり手段によって見積もられた前記変換時間を表示することを特徴とする、付記2～付記13のいずれか一項に記載のメッシュ分割装置。

【0092】

(付記15) 該変換時間見積もり手段が、前記選択パラメータキットに基づく前記対象解析モデルの簡易的メッシュ分割処理に要する時間を計測し、計測された時間と所定係数とを乗算した値として、前記変換時間を見積もることを特徴とする、付記14記載のメッシュ分割装置。

(付記16) 前記分割制御用パラメータが、3軸方向それぞれについてのメッシュ分割数と、3軸方向それぞれについてのトレランス値と、体積変換率とを含んでいることを特徴とする、付記1～付記16のいずれか一項に記載のメッシュ分割装置。

【0093】

(付記17) 三次元CADデータとして与えられる解析対象モデルを数値解析用のキューボイドに分割するメッシュ分割処理を行なうメッシュ分割装置としてコンピュータを機能させるメッシュ分割プログラムであって、

前記キューボイドの分割数の上限値を規定する最大キューボイド数と前記キューボイドを生成するための分割制御用パラメータとを含むパラメータキットを、複数種類、予め保存するライブラリを含むとともに、

該ライブラリに保存されている該複数種類のパラメータキットのうちの少なくとも一つを選択するための選択手段、および、

該選択手段によって選択されたパラメータキットおよび該三次元CADデータに基づいて、前記解析対象モデルを、該パラメータキットに含まれる最大キューボイド数以下の数のキューボイドに分割するようにメッシュ分割処理を行なうメッシュ分割手段として、該コンピュータを機能させることを特徴とする、メッシュ分割プログラム。

【0094】

(付記18) 三次元CADデータとして与えられる解析対象モデルを数値解析用のキューボイドに分割するメッシュ分割処理を行なうメッシュ分割装置としてコンピュータを機能させるメッシュ分割プログラムを記録したコンピュータ読取可能な記録媒体であつて、

該メッシュ分割プログラムが、

前記キューボイドの分割数の上限値を規定する最大キューボイド数と前記キューボイドを生成するための分割制御用パラメータとを含むパラメータキットを、複数種類、予め保存するライブラリを含むとともに、

該ライブラリに保存されている該複数種類のパラメータキットのうちの少なくとも一つを選択するための選択手段、および、

該選択手段によって選択されたパラメータキットおよび該三次元CADデータに基づいて、前記解析対象モデルを、該パラメータキットに含まれる最大キューボイド数以下の数のキューボイドに分割するようにメッシュ分割処理を行なうメッシュ分割手段として、該コンピュータを機能させることを特徴とする、メッシュ分割プログラムを記録したコンピュータ読取可能な記録媒体。

【0095】

(付記19) 三次元CADデータとして与えられる解析対象モデルを数値解析用のキューボイドに分割するメッシュ分割処理を行なう際に必要な、前記キューボイドの分割

数の上限値を規定する最大キューボイド数と前記キューボイドを生成するための分割制御用パラメータとを設定するための方法であって、

前記最大キューボイド数と前記分割制御用パラメータとを含むパラメータキットを、ライブラリとして、複数種類、予め保存しておき、

前記解析対象モデルのメッシュ分割処理を行なう際に、該ライブラリに保存されている該複数種類のパラメータキットのうちの少なくとも一つを選択し、

選択されたパラメータキットに含まれる最大キューボイド数および分割制御用パラメータを、前記メッシュ分割処理を行なう手段に設定することを特徴とする、メッシュ分割用最大キューボイド数／パラメータ設定方法。

#### 【産業上の利用可能性】

##### 【0096】

以上のように、本発明によれば、ライブラリに予め保存された複数種類のパラメータキットの中から所望の一つを選択できるので、解析対象モデルに応じた最適な最大キューボイド数を容易かつ確実に選択・決定することが可能になる。

従って、本発明は、例えばPro/E, I-DEAS, Parasolid, AutoCAD, VPS等のCADシステムによって得られた三次元CADをキューボイドデータに変換する自動変換ソフトウェアに用いて好適であり、その有用性は極めて高いものと考えられる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【0097】

【図1】本発明の一実施形態としてのメッシュ分割装置の機能構成を示すブロック図である。

【図2】本実施形態のメッシュ分割装置を適用されるシステムの処理の流れを説明するための図である。

【図3】ディスプレイ上での、本実施形態におけるパラメータキットの内容表示例を示す図である。

【図4】(A)～(C)は最大キューボイド数について説明するためのもので、(A)は三次元CADデータとして与えられる解析対象モデルの一例を示す図、(B)は(A)に示す解析対象モデルを最大キューボイド数30で分割した状態を示す図、(C)は(A)に示す解析対象モデルを最大キューボイド数150で分割した状態を示す図である。

【図5】3軸方向のメッシュ分割数について説明するための図である。

【図6】(A), (B)は3軸方向のトレランスについて説明するための図である。

【図7】(A), (B)は均等体積変換率について説明するための図である。

【図8】(A), (B)は不均等体積変換率について説明するための図である。

【図9】本実施形態のパラメータキットについて説明するための図である。

【図10】本実施形態のパラメータキット選択処理手順を説明するためのフローチャートである。

【図11】(A)～(C)は三次元CADデータの一例を示すもので、(A)はその三次元CADデータの構成ツリーを示す図、(B)はその三次元CADデータによって与えられる解析対象モデルの装置を示す斜視図、(C)は(B)に示す装置の分解斜視図である。

【図12】本実施形態において三次元CADデータから得られる寸法テーブルの一例を示す図である。

【図13】本実施形態において三次元CADデータから得られる物性値テーブルの一例を示す図である。

【図14】本実施形態のパラメータキット選択計算処理手順を説明するためのフローチャートである。

【図15】(A), (B)はそれぞれ本実施形態で算出される体積分布および熱伝導性部分の一例を説明するための図である。

【図16】ディスプレイ上での、本実施形態におけるパラメータキット選択画面の表

示例を示す図である。

【図17】本実施形態のライブラリに保存されるパラメータキット選択テーブルの一例を示す図である。

【図18】(A)～(C)は本実施形態における基準部品の指定機能について説明するためのもので、(A)は基準部品の一例を示す図、(B)は(A)に示す基準部品の最大外形を示す図、(C)は(A)に示す基準部品について得られた最大外形寸法を示す図である。

【図19】ディスプレイ上での、本実施形態における処理概要の表示例を示す図である。

【図20】本実施形態の処理概要の表示処理手順を説明するためのフローチャートである。

【図21】本実施形態で選択されたパラメータキットおよび基準部品に関する情報を含むパラメータテーブルの一例を示す図である。

【図22】本実施形態の変換時間計算処理手順を説明するためのフローチャートである。

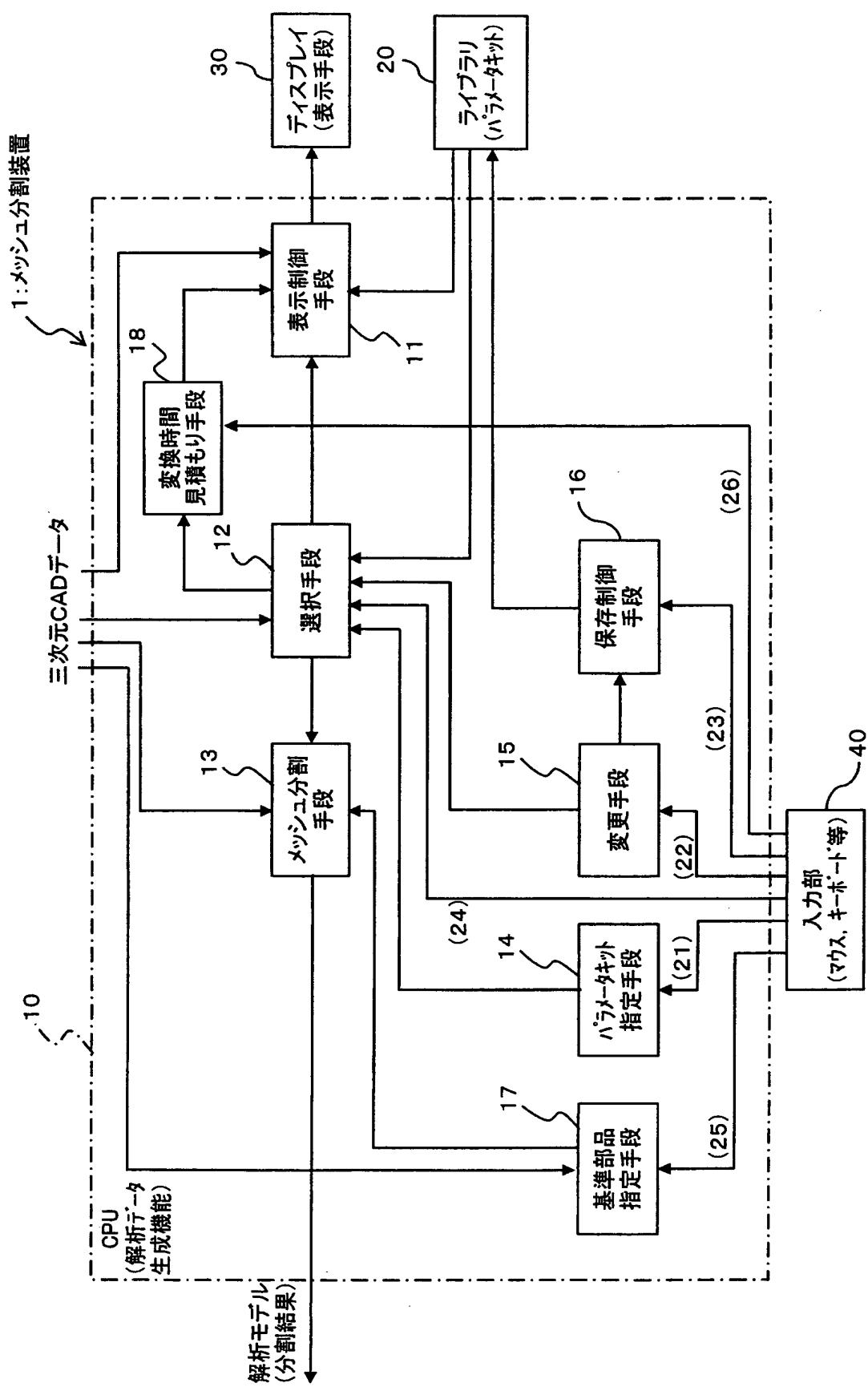
#### 【符号の説明】

##### 【0098】

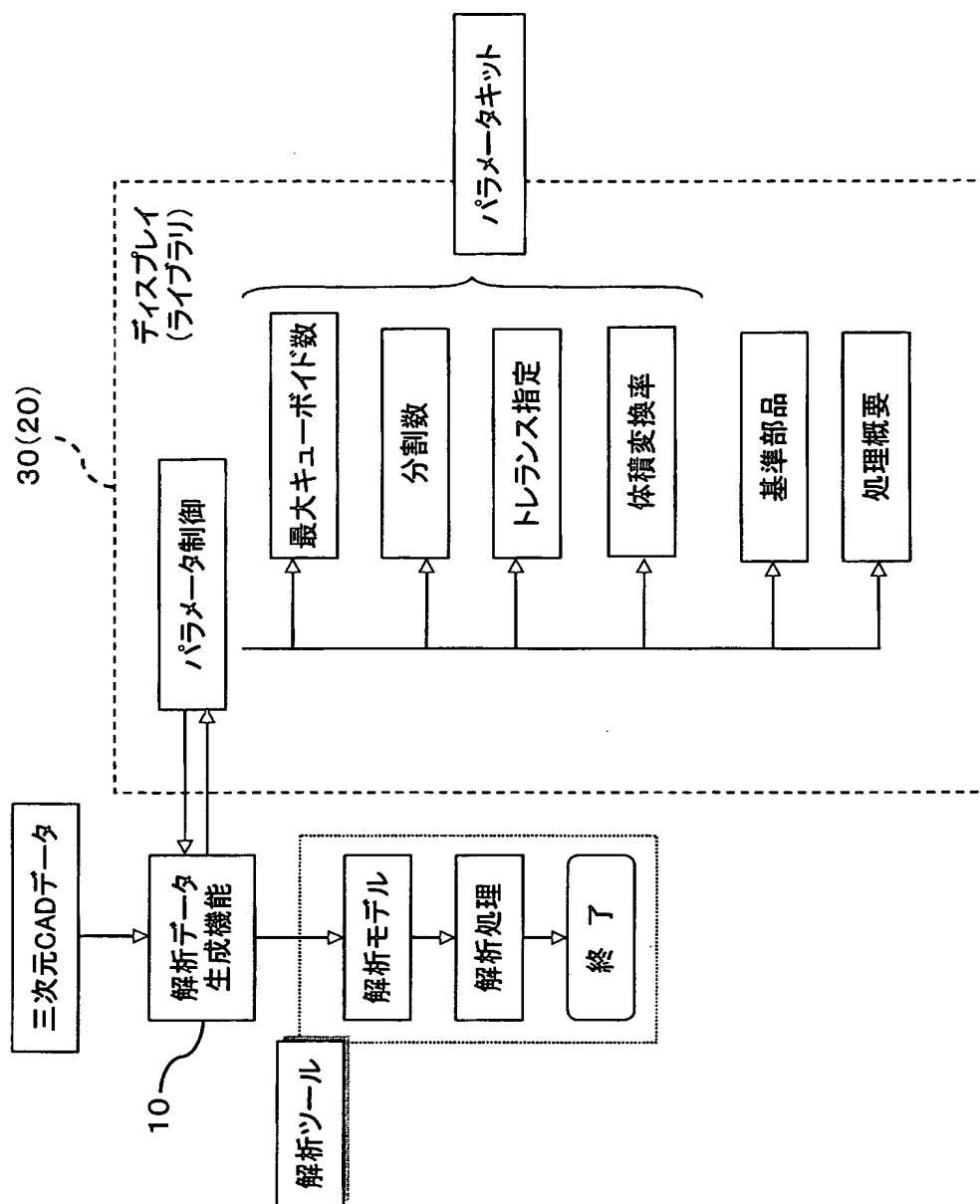
- 1 メッシュ分割装置
- 10 C P U (解析データ生成機能)
- 11 表示制御手段
- 12 選択手段
- 13 メッシュ分割手段
- 14 パラメータキット指定手段
- 15 変更手段
- 16 保存制御手段
- 17 基準部品指定手段
- 18 変換時間見積もり手段
- 20 ライブラリ
- 30 ディスプレイ (表示手段)
- 40 入力部 (マウス, キーボード等; パラメータキット指定手段, 基準部品指定手段)

【書類名】 図面

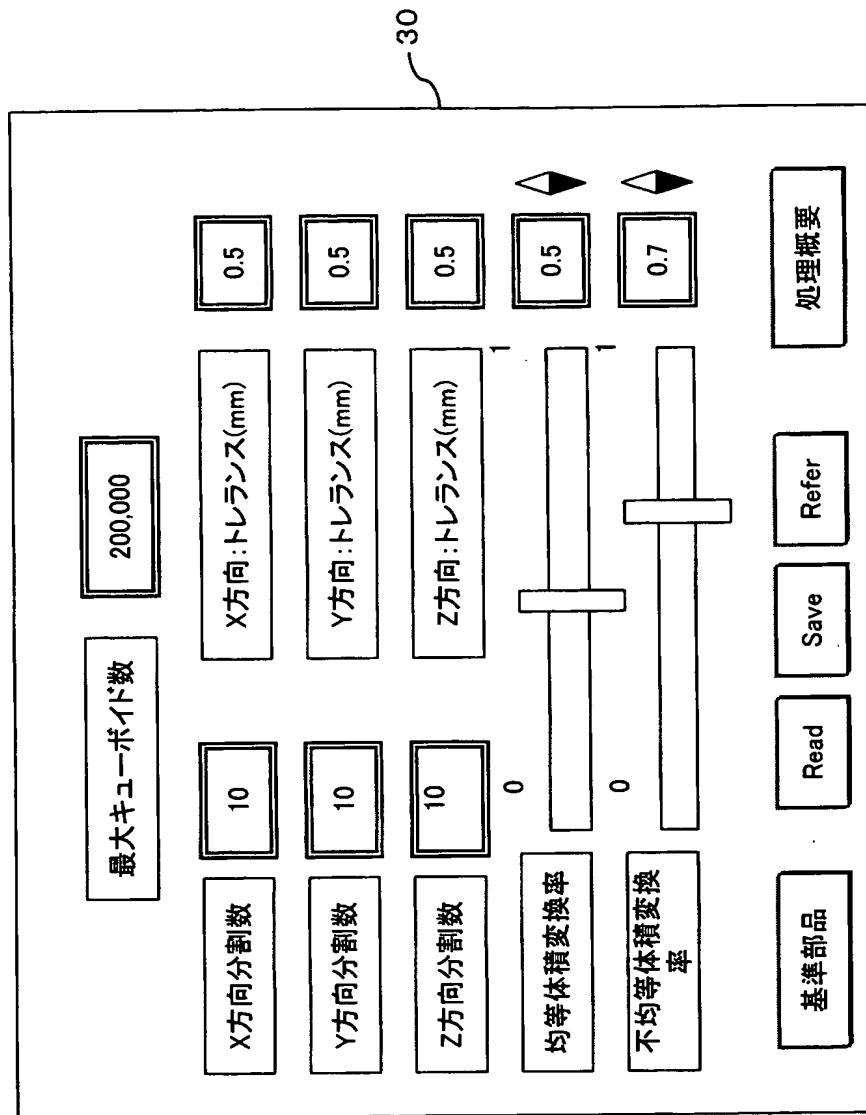
### 【図1】



【図2】

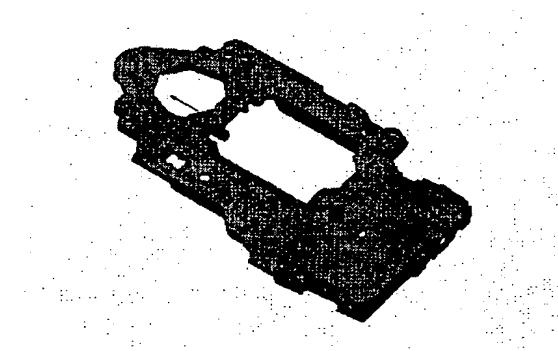


【図3】



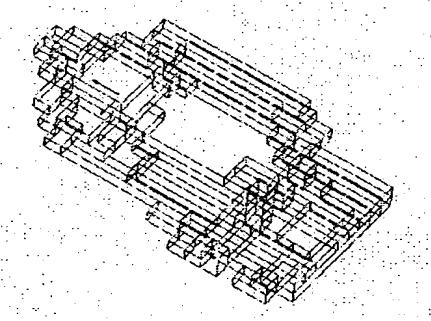
【図 4】

(A)



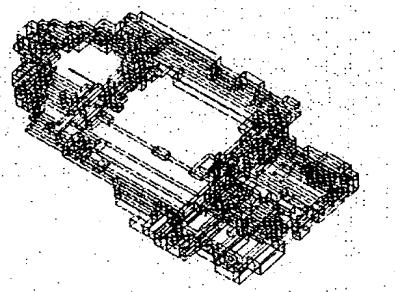
(B)

最大キューボイド数:30

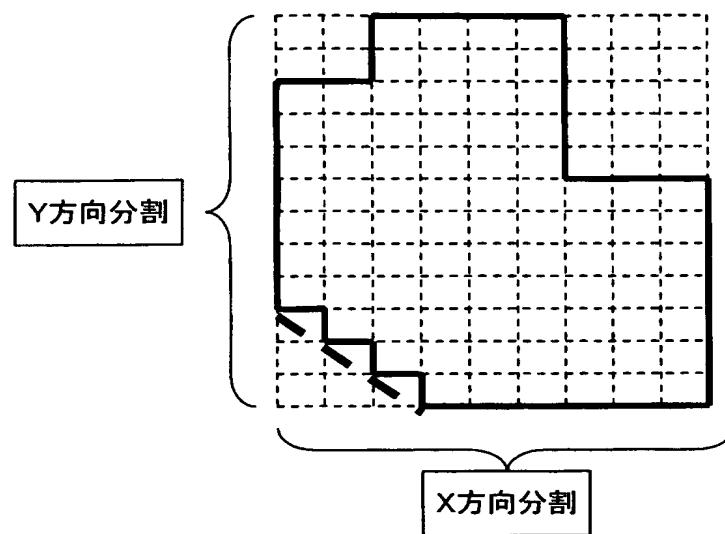


(C)

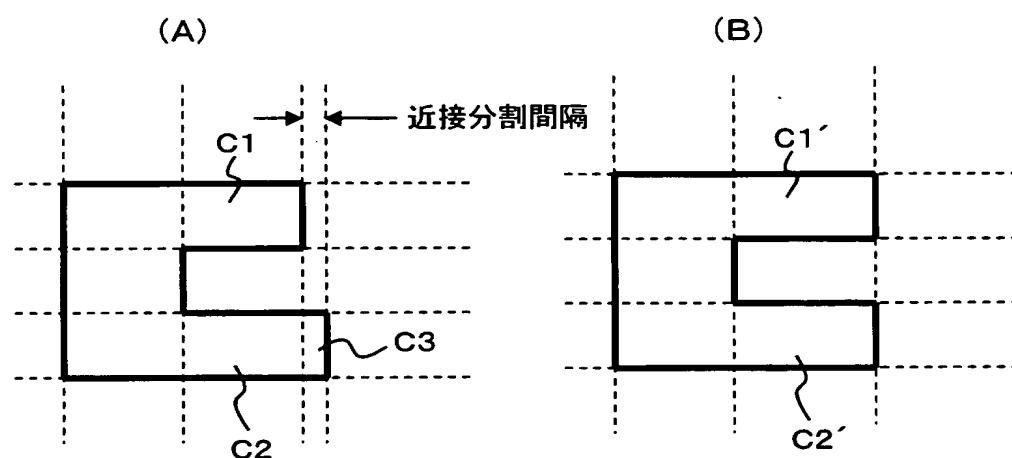
最大キューボイド数:150



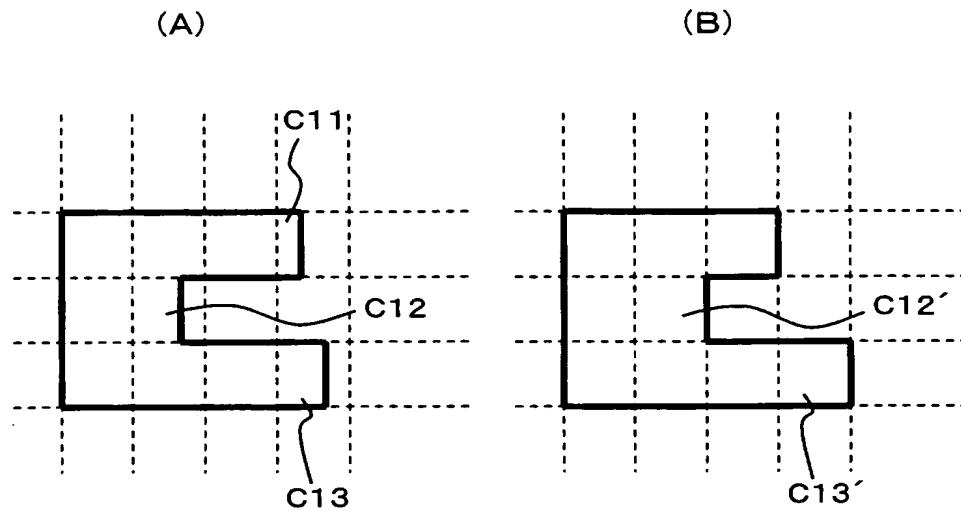
【図 5】



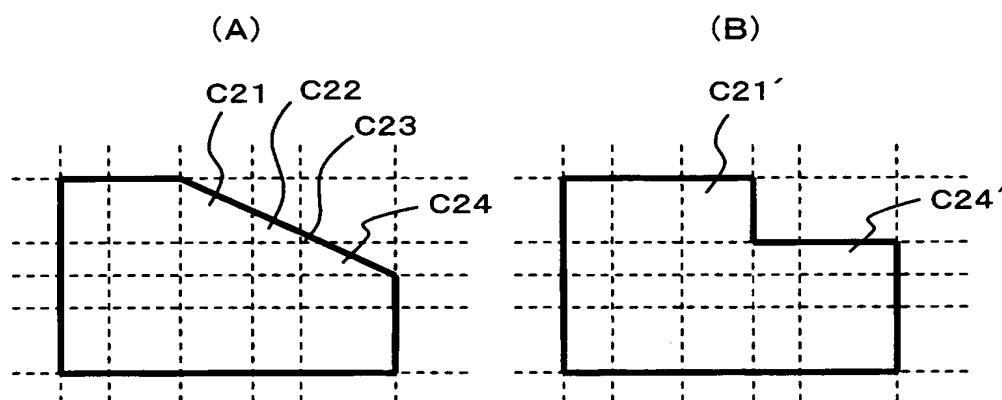
【図 6】



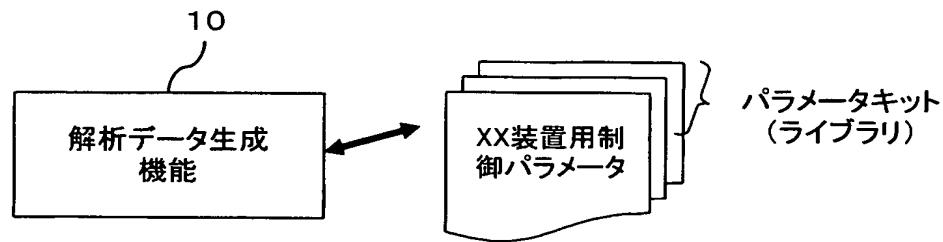
【図 7】



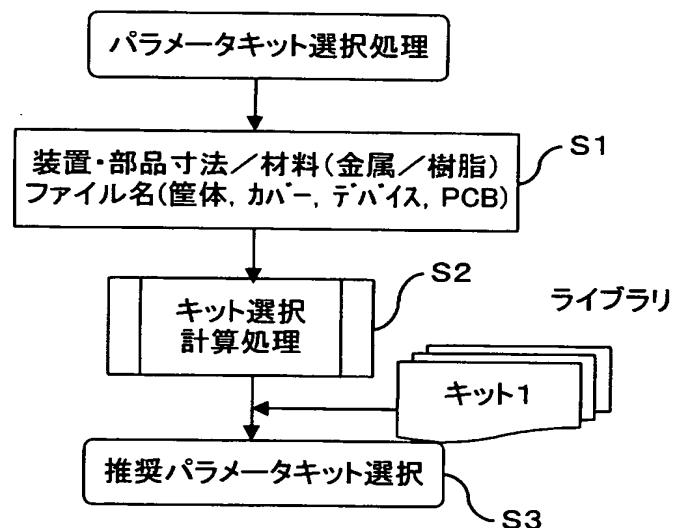
【図 8】



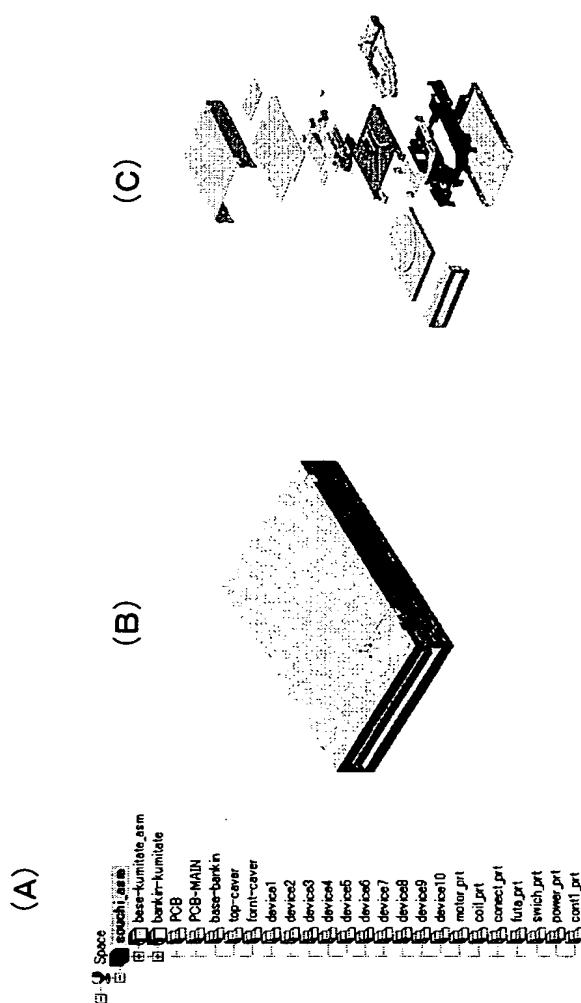
【図 9】



【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】

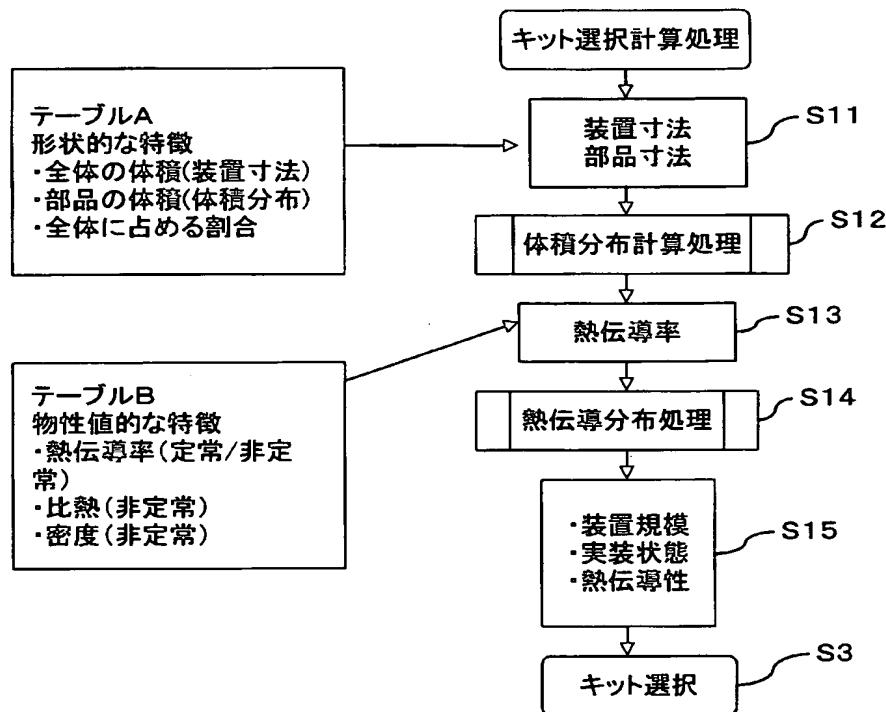
寸法テーブルA

No.	項目名	値	項目名	値	項目名	値
1	部品数	45. 0				
2-1	最大部品寸法 01:X	15. 0	最大部品寸法 02:Y	23. 0	最大部品寸法 01:Z	50. 0
2-2	最大部品寸法 02:X	21. 0	最大部品寸法 02:Y	10. 0	最大部品寸法 02:Z	78. 0
...						
2-n	最大部品寸法 0n:X	10. 0	最大部品寸法 0n:Y	23. 0	最大部品寸法 0n:Z	36. 0
...						
2-45	最大部品寸法 45:X	80. 0	最大部品寸法 45:Y	55. 0	最大部品寸法 45:Z	86. 0
3	装置寸法:X	260. 0	装置寸法:Y	450. 0	装置寸法:Z	350. 0

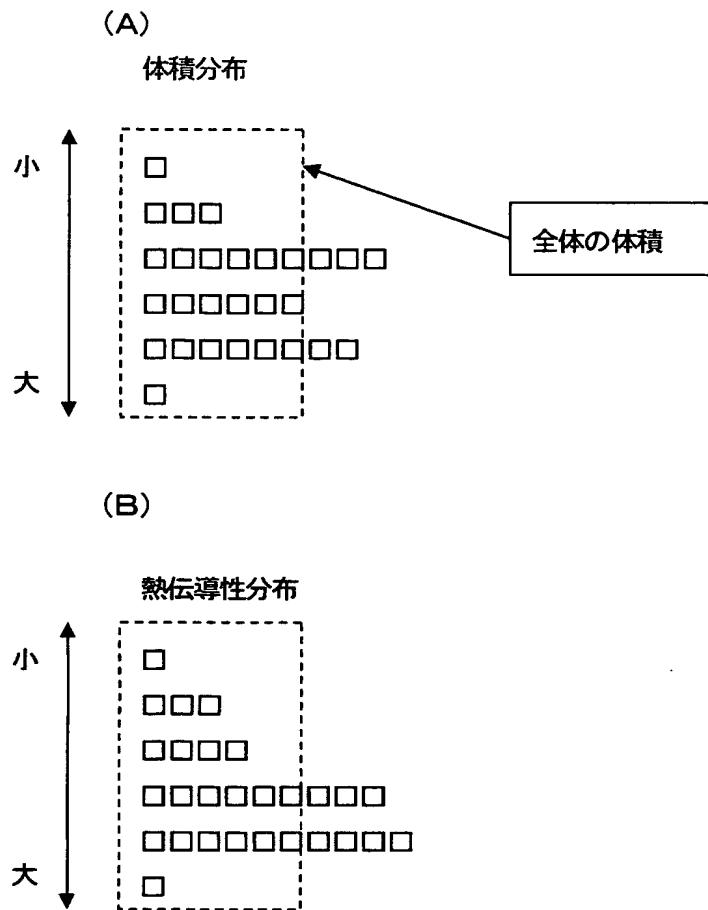
【図 1 3】

物性値テーブルB						
No.	項目名	名称	材料	物性値1	物性値2	物性値3
4-1	部品:01	PCB	エポキシ樹脂	0.3	1.4	1190
4-2	部品:02	PCB	エポキシ樹脂	0.3	1.4	1190
...						
4-n	部品:0n	カバー	鋼	43.0	0.5	7850
...						
4-45	部品:45	デバイス	セラミック	36.0	0.8	3890

【図 1 4】



【図15】



【図16】

○装置規模	
<input type="checkbox"/> 大型サーバ	
<input checked="" type="checkbox"/> ■小・中型装置	
<input type="checkbox"/> □パソコン	
<input type="checkbox"/> □磁気ディスク	
<input type="checkbox"/> □携帯電話	
○実装形態	
<input checked="" type="checkbox"/> ■高密度	
<input type="checkbox"/> □中密度	
<input type="checkbox"/> □低密度	
○伝導性	
<input checked="" type="checkbox"/> ■高伝導性	
<input type="checkbox"/> □中伝導性	
<input type="checkbox"/> □低伝導性	
<input type="checkbox"/> □なし	
<input type="button" value="編集"/>	<input type="button" value="選択"/>

【図 17】

パラメータキット選択テーブル

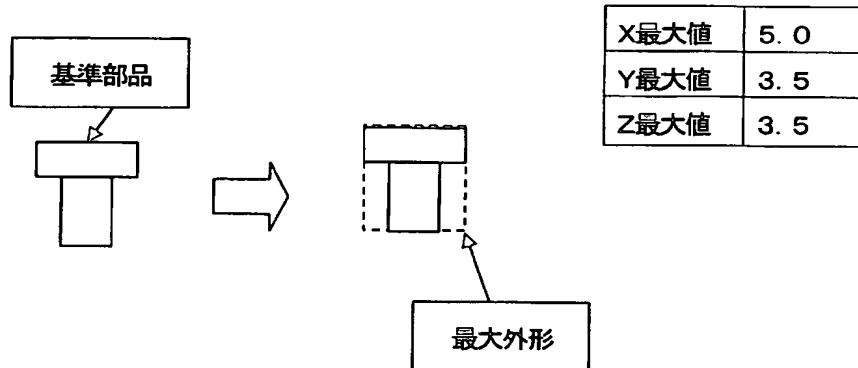
	キット1	キット2	キット3	キット4
装置規模				
□大型サーバ	○			
□小・中型装置		○		
...				○
□携帯電話			○	
○実装形態				
□高密度		○	○	
...				○
□低密度	○			
○伝導性				
□高伝導性	○	○		
...			○	
□なし				○

【図 18】

(A)

(B)

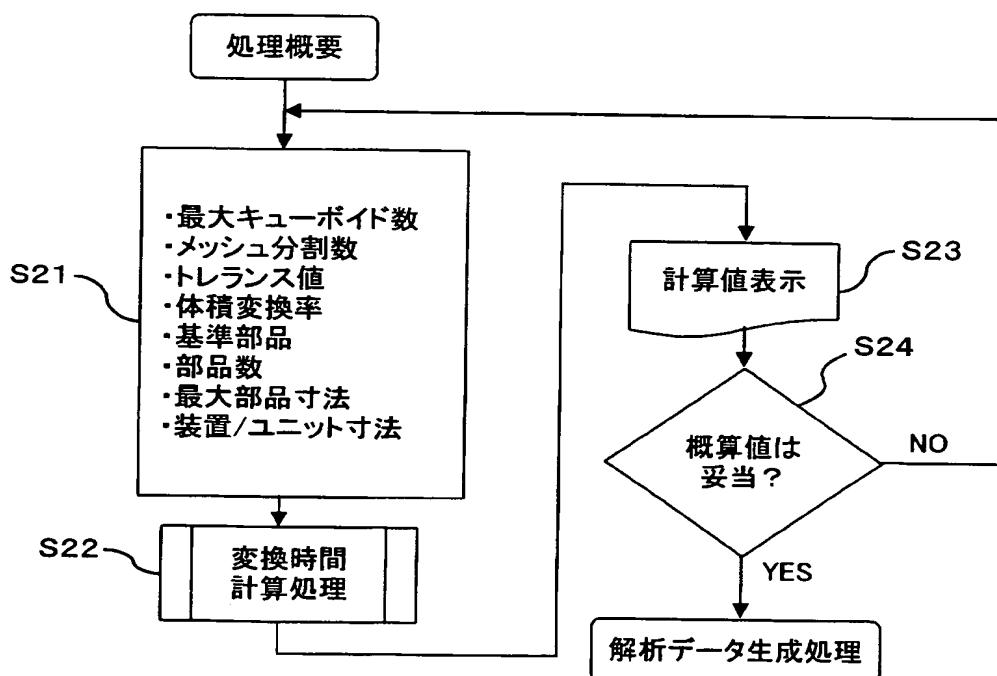
(C)



【図 19】

最大キューボイド数: xxxx	
X方向分割: XX	変換時間:
Y方向分割: YY	分
Z方向分割: ZZ	
総分割数: SSSS	
Close	

【図 20】

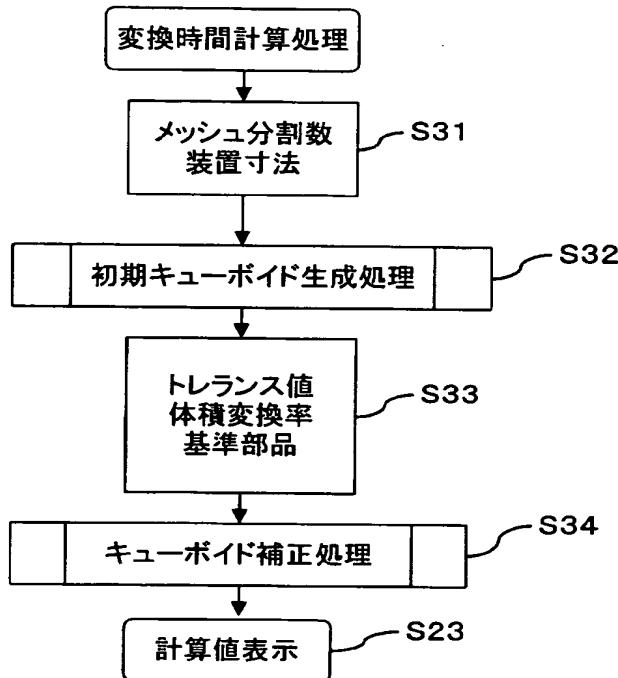


【図 2 1】

パラメーターテーブルC

No.	項目名	値	項目名	値	項目名	値
1	最大キューボイド数	200				
2	メッシュ分割数:X	20	メッシュ分割数 Y	40	メッシュ分割数 Z	20
3	トレランス値:X	0.5	トレランス値:Y	0.5	トレランス値:Z	0.5
4	均等体積変化率	0.4				
5	不均等体積変化率	0.7				
6	基準部品寸法:X	65.0	基準部品寸法:Y	32.0	基準部品寸法:Z	50.0

【図 2 2】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】解析対象モデルに応じた最適な最大キューボイド数等のパラメータを容易かつ確実に選択・決定できるようにして、最大キューボイド数等のパラメータの決定時間を短縮し、ひいてはメッシュ分割処理に要する時間を短縮する。

【解決手段】ライブラリ20に、最大キューボイド数とキューボイドを生成するための分割制御用パラメータとを含むパラメータキットを、複数種類、予め保存しておき、このライブラリ20に保存されている複数種類のパラメータキットのうちの少なくとも一つを選択し、選択されたパラメータキットおよび三次元CADデータに基づいて、解析対象モデルを、そのパラメータキットに含まれる最大キューボイド数以下の数のキューボイドに分割する。

【選択図】図1

特願 2003-355303

出願人履歴情報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日 1996年 3月26日

[変更理由] 住所変更

住 所 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号  
氏 名 富士通株式会社